

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

posudek vedoucího
 bakalářské práce

posudek oponenta
 diplomové práce

Autor: Ludvík Vízdal
Název práce: Slabé hodnoty a slabá měření v kvantové mechanice
Studijní program a obor: Obecná fyzika
Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly oponenta: Mgr. Pavel Stránský, Ph.D.
Pracoviště: Ústav částicové a jaderné fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta UK
Kontaktní e-mail: pavel.stransky@matfyz.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:

Bakalářská práce Ludvíka Vízdala se zabývá problematikou měření v kvantové mechanice. V *první části* autor shrnuje formalismus k projektivnímu (silnému) měření, které je popsáno neunitárním vývojem spojeným s kolapsem vlnové funkce, a definuje také nepřímé měření pomocí unitární interakce mezi systémem a měřicím přístrojem. Na příkladu měření souřadnice na závěr této sekce ukazuje, jak by se provedlo nepřímé měření spojitě veličiny. V *druhé části* přejde ke konceptu slabého měření, které vychází z požadavku co nejmenšího ovlivnění měřeného systému měřákem, čehož důsledkem je, že získáme jen částečnou informaci o stavu systému. V *třetí části* je navíc popsán mechanismus měření s postselekcí, jeho neintuitivní vlastnosti jsou demonstrovány na paradoxu tří krabic a na závěr jsou diskutovány možné interpretace slabých hodnot.

Práce je inspirována několika přehledovými články k dané problematice, jedná se tedy z velké části o rešerši. Ta je nicméně doplněna mezivýpočty a obohacena o názorné příklady a obrázky, které autor provedl, napočítal a vykreslil sám a které z bakalářské práce vytvářejí srozumitelný a pedagogický text.

Práce je napsaná čtivě a s nadhledem, což dokládá, že autor tématu dobře porozuměl. Překlepů (pobavila „libová krabice“ na 32. straně) a pravopisných chyb (ty jsou převážně v interpunkci) je v textu přiměřené množství, které nikterak výrazně čtenáře neruší. Ohradil bych se k jen použití termínu „objektový systém“ jako překladu sousloví „object-system“ z citované literatury. Tomuto sousloví rozumím jako „systém složený nebo skládaný z objektů“ (srovnejte například „objektové programování“), nikoliv jako jeden objekt, který je studovaným (měřeným) systémem. Další drobné komentáře k formální stránce jsou uvedeny v seznamu níže.

Kontrola na plagiátorství neodhalila žádnou shodu, která by nebyla náležitě označena jako citace nebo která by nebyla shodou triviální.

Autor v práci prokázal, že je schopen se zorientovat v novém teoretickém tématu a téma poučeně rozvinout. Doporučuji tedy uznat práci Ludvíka Vízdala jako bakalářskou a ohodnotit ji stupněm *výborně*.

Několik drobných komentářů:

- Sekce 1.1.1 – Chybí zmínka, že (fáze) φ je reálná.
- Kolize značení: Ve 2. odstavci na 11. straně se zavádí báze prostoru měřicího přístroje jako $|m^{(k)}\rangle$, avšak o stránku dále je tím samým symbolem označen posunutý stav počátečního stavu měřicího přístroje $|m^{(0)}\rangle$ (viz též 2. otázka k obhajobě).

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1. V sekci 1.1.2 autor zmiňuje, že silné měření nemusí být lineární. Co to znamená? Mohl by autor tuto skutečnost demonstrovat na nějakém jednoduchém příkladu?
2. V případě silného měření autor zavádí Hilbertovy prostory systému a měřáku o dimenzích d_m a d_s , avšak nikde velikosti těchto systémů nediskutuje. Jaký mezi nimi musí být vztah? Jak bude měření fungovat, pokud bude např. $d_s \gg d_m$? Jak to pak bude s ortonormalitou stavů $|m^{(i)}\rangle = \exp\left(-\frac{i}{\hbar}\kappa t a_i \hat{p}\right) |m^{(0)}\rangle$ v případě silného měření?
3. Nakolik je interakce modelovaná hamiltoniánem $\hat{H}_{\text{int}} = \kappa \hat{A} \otimes \hat{\pi}$ fyzikální? Jaký měřicí přístroj by popisovala, resp. jaká fyzikální interakce by ji realizovala?

Práci doporučuji nedoporučuji

uznat jako bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm: výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis oponenta:

V Praze dne 30.5.2024

Pavel Stránský